



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) DE 199 60 984 A 1

(5) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 D 13/02**  
F 02 N 9/02

DE 199 60 984 A 1

(21) Aktenzeichen: 199 60 984.5  
(22) Anmeldetag: 17. 12. 1999  
(23) Offenlegungstag: 21. 6. 2001

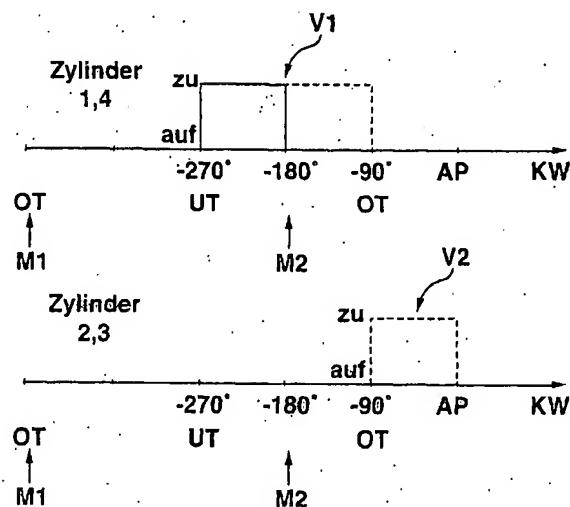
(71) Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:  
Sieber, Udo, Dr., 74321 Bietigheim-Bissingen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Verfahren zur Auslaufsteuerung einer Brennkraftmaschine

(55) Eine gewünschte Auslaufposition eines Kolbens in mindestens einem Zylinder einer Brennkraftmaschine kann mit einfachen Mitteln dadurch sehr genau erreicht werden, daß die Gasauslaßventile von einem oder mehreren Zylindern einer Brennkraftmaschine nach Abschalten der Zündung für einen oder mehrere Zeitabschnitte (V1, V2) geschlossen werden, wobei Beginn und Ende eines jeden Ventilschließabschnitts (V1, V2) so gesteuert werden, daß die Kurbelwelle in der gewünschten Auslaufposition (AP) stehenbleibt.



DE 199 60 984 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Auslaufsteuerung einer Brennkraftmaschine, wobei der Kolben in mindestens einem Zylinder der Maschine in eine gezielte Position gebracht wird, die einer deutlich nach dem oberen Totpunkt liegenden Winkelstellung der Kurbelwelle entspricht.

Bei Brennkraftmaschinen mit sogenanntem internen Direktstart, bei der die Brennkraftmaschine selbst als Startmaschine dient, ist es Voraussetzung, daß sich mindestens in einem Zylinder der Kolben in einer Position befindet, die deutlich nach dem oberen Totpunkt liegt. Wird dann nämlich in den Zylinder Kraftstoff eingespritzt und gezündet, so reicht das dabei entstehende Verbrennungsmoment zum An-drehen des Motors aus. Für eine solche direkt startende Brennkraftmaschine wird gemäß der DE 197 41 294 A1 vorgeschlagen, zum Start des Motors die Kurbelwelle über eine elektrische Maschine in eine vorgegebene Startposition zu bringen, so daß bei Erreichen der Startposition der Kurbelwelle die Zündung des in einen Startzylinder eingespritzten Kraftstoffes erfolgt. Des weiteren ist in dieser DE 197 41 294 A1 auch erwähnt, daß die für den Direktstart erforderliche Stellung des Kolbens in mindestens einem Zylinder bereits beim Auslaufen der Kurbelwelle gezielt eingestellt werden kann. Mit welchen Mitteln oder nach welchem Verfahren diese gezielte Auslaufposition erreichbar ist, beschreibt die genannte Druckschrift nicht.

## Aufgabe und Lösung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Auslaufsteuerung einer Brennkraftmaschine der ein-gangs genannten Art anzugeben, nachdem mit möglichst ger-ingem Aufwand beim Auslaufen der Brennkraftmaschine der Kolben in mindestens einem Zylinder in eine gezielte Position, die einen Direktstart der Maschine ermöglicht, ge-bracht werden kann.

Die genannte Aufgabe wird mit den Merkmalen des An-spruchs 1 dadurch gelöst, daß die Gasauslaßventile von ei-nem oder mehreren Zylindern der Brennkraftmaschine nach Abschalten der Zündung für einen oder mehrere Zeitab-schnitte geschlossen werden, wobei Beginn und Ende eines jeden Ventilschließabschnitts so gesteuert werden, daß die Kurbelwelle in der gewünschten Auslaufposition stehem-bliebt. Gemäß der Erfindung kann bei einer mit einer varia-blen Ventilsteuерung ausgestatteten Brennkraftmaschine, diese Ventilsteuерung auch für eine gezielte Auslaufsteue-rung des Motors eingesetzt werden, ohne daß dann zusätzli-che Mittel erforderlich sind.

Vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen der Er-finding gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Danach wird in einem ersten Verfahrensschritt nach Ab-schalten der Zündung nach einer vorgegebenen Anzahl von Kurbelwellenumdruchungen die Drehgeschwindigkeit der Kurbelwellen beim Durchlaufen des oberen Totpunktes ge-messen. In einem zweiten Verfahrensschritt werden im dar-auffolgenden unteren Totpunkt die Gasaustauschventile des mindestens einen Zylinders für einen ersten Ventilschließab-schnitt geschlossen. In einem dritten Verfahrensschritt wird die Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle beim Durchlaufen einer vorgegebenen Winkelstellung nach dem unteren Totpunkt erneut gemessen. In einem vierten Verfahrens-schritt wird in Abhängigkeit von den beiden Meßwerten der Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle das Ende des ersten Ventilschließabschnitts bestimmt. Im letzten Verfahrens-

schritt werden im Fall einer beim oberen Totpunkt gemesse-nen, einem Maximalwert der kinetischen Energie entspre-chenden Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle die Gasaus-tauschventile mindestens eines weiteren Zylinders für einen zweiten Ventilschließabschnitt geschlossen, wobei der Schließ- und der Öffnungszeitpunkt dieser Gasaustausch-ventile in Abhängigkeit der beiden Meßwerte der Drehge-schwindigkeit der Kurbelwelle bestimmt werden.

Es ist zweckmäßig, in Abhängigkeit von der Differenz 10 der beiden Meßwerte der Drehgeschwindigkeit und von der nach dem unteren Totpunkt gemessenen Drehgeschwindig-keit der Kurbelwelle aus einem ersten Kennfeld das Ende des ersten Ventilschließabschnitts, aus einem zweiten Kenn-feld den Beginn des zweiten Ventilschließabschnitts und aus 15 einem dritten Kennfeld das Ende des zweiten Ventilschließ-abschnitts herauszulesen.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der erste 20 Ventilschließabschnitt bei einer Winkelstellung der Kurbel-welle von 180° vor der vorgegebenen Auslaufposition beend-det, wenn die beim oberen Totpunkt gemessene Drehge-schwindigkeit einem Minimalwert der kinetischen Energie entspricht, und der erste Ventilschließabschnitt wird bei einer Win-kefelstellung der Kurbelwelle von 90° vor der vorgegebenen Auslaufposition beendet, wenn die beim oberen Totpunkt 25 gemessene Drehgeschwindigkeit einem Maximalwert der kinetischen Energie entspricht.

Vorzugsweise wird der zweite Ventilschließabschnitt bei einer Winkelstellung der Kurbelwelle von 90° vor der vor-gegebenen Auslaufposition begonnen und bei einer Winkel-30 position, die in der Nähe der Auslaufposition liegt, beendet, wenn die beim oberen Totpunkt gemessene Drehgeschwin-digkeit der Kurbelwelle einem Maximalwert der kinetischen Energie entspricht.

Es ist zweckmäßig, die von den Kennfeldern ausgegebe-nen Anfangs- und Endzeitpunkte für die Ventilschließab-schnitte mit Korrekturwerten zu beaufschlagen, die aus von 35 der Motortemperatur abhängigen Kennlinien entnommen werden.

## Zeichnung

Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausfüh-35 rungsbeispiels wird nachfolgend die Erfindung näher erläu-tert.

Es zeigen:

Fig. 1a und 1b die Ventilstellungen von vier Zylindern während des Auslaufs einer Brennkraftmaschine und

Fig. 2 ein Funktionsdiagramm zur Auslaufsteuerung ei-ner Brennkraftmaschine.

## Beschreibung eines Ausführungsbeispiels

Am Beispiel einer Brennkraftmaschine mit vier Zylindern wird nun das der Erfindung zugrunde liegende Prinzip der Auslaufsteuerung beschrieben. Um z. B. die Kolben in den Zylindern 1 und 4 nach dem Abschalten der Zündung in eine gezielte Position zu bringen, die beispielsweise einer Win-kefelstellung der Kurbelwelle von 90° nach dem oberen Tot-punkt OT entspricht, werden die Gasaustauschventile (Eina-fuß- und Auslaßventile) nach einem bestimmten, in den Fig. 55 1a und 1b dargestellten Modus geschlossen und wieder ge-öffnet. Das in der Fig. 2 dargestellte Funktionsdiagramm verdeutlicht, wie die Ansteuerung der einzelnen Gasauslaß-ventile erfolgt, damit die Kolben, z. B. in den Zylindern 1 und 4, in der gewünschten Auslaufposition stehem-blieben. In den Fig. 1a und 1b, in denen die Ventilschließabschnitte V1 und V2 der Zylinder 1, 4 und der Zylinder 2, 3 über dem Kurbelwellenwinkel KW aufgetragen sind, ist die ge-

wünschte Auslaufposition mit AP bezeichnet und befindet sich dort in einer Winkelstellung der Kurbelwelle von  $90^\circ$  nach dem oberen Totpunkt OT.

Der Verfahrensablauf zur Auslaufsteuerung der Brennkraftmaschine beginnt damit, daß nach dem Abschalten der Zündung nach einer vorgegebenen Anzahl von Kurbelwellenumdrehungen die Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle beim Durchlaufen des oberen Totpunktes OT gemessen wird. Dieser Meßwert der Drehgeschwindigkeit ist in den Fig. 1a, 1b und 2 mit M1 bezeichnet. Der Kurbelwellenwinkel KW und die Drehgeschwindigkeit M1 der Kurbelwelle werden in an sich bekannter Weise (vgl. z. B. DE 39 32 072 A2) mittels einer sich auf der Kurbelwelle befindenden Codescheibe ermittelt. In dem auf dem oberen Totpunkt OT, in dem der erste Meßwert M1 der Drehgeschwindigkeit bestimmt wird, folgenden unteren Totpunkt UT werden die Gasauschläusventile der Zylinder 1 und 4 geschlossen. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel liegt der genannte untere Totpunkt UT um einen Kurbelwellenwinkel KW von  $-270^\circ$  vor der Auslaufposition AP. Dieser erste im unteren Totpunkt UT beginnende erste Ventilschließabschnitt V1 endet in einem Kurbelwellenwinkelbereich von  $-180^\circ$  bis  $-90^\circ$  vor der Auslaufposition AP. Wie der genaue Endzeitpunkt V1E des ersten Ventilschließabschnitts V1 bestimmt wird, wird anhand des Funktionsdiagramms in Fig. 2 beschrieben. Um das Ende V1E des ersten Ventilschließabschnitts V1 ermitteln zu können, wird die Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle beim Durchlaufen der Winkelstellung von  $-180^\circ$  vor der Auslaufposition AP gemessen. Dieser zweite Meßwert wird mit M2 bezeichnet.

In einem Verknüpfungspunkt V wird die Differenz zwischen den beiden Meßwerten M1 und M2 für die Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle gebildet. Diese Differenz der Meßwerte und der zweite Meßwert M2 werden einem ersten Kennfeld KF1 zugeführt, welches in Abhängigkeit von den beiden genannten Eingangsgrößen den Endzeitpunkt V1E für den ersten Ventilschließabschnitt V1 ausgibt. Mit anderen Worten: Das Ausgangssignal V1E des ersten Kennfeldes KF1 gibt die Winkelstellung der Kurbelwelle wieder, bei der der erste Ventilschließabschnitt V1 beendet werden soll.

In dem Funktionsdiagramm findet eine Schwellwertentscheidung SE für den ersten zum oberen Totzeitpunkt OT ermittelten Meßwert M1 für die Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle statt. Bei dieser Schwellwertentscheidung SE wird ermittelt, ob der erste Meßwert M1 einer minimalen kinetischen Energie  $E_{min}$  oder einer maximalen kinetischen Energie  $E_{max}$  der Kurbelwellenbewegung entspricht. Diese beiden Grenzwerte  $E_{min}$  und  $E_{max}$  für die kinetische Energie nach dem Ausschalten der Zündung hängen von der Beschaffenheit des jeweiligen Motors und seinen Nebenaggregaten ab.

Wie in der Fig. 1b dargestellt, schließt an dem ersten Ventilschließabschnitt V1 der Zylinder 1 und 4 ein zweiter Ventilschließabschnitt V2 der Zylinder 2 und 3 an. Dieser zweite Ventilschließabschnitt V2 beginnt frühestens bei einer Kurbelwinkelstellung von  $-90^\circ$  vor der Auslaufposition AP und endet spätestens in unmittelbarer Nähe vor der Auslaufposition AP. Den exakten Beginn und das exakte Ende für den zweiten Ventilschließabschnitt V2 werden aus einem zweiten Kennfeld KF2 und einem dritten Kennfeld KF3 herausgelesen. Diesen beiden Kennfeldern KF2 und KF3 werden ebenfalls als Eingangsgrößen die Differenz zwischen den beiden Meßwerten M1 und M2 und der Meßwert M2 selbst zugeführt. Das zweite Kennfeld KF2 gibt in Abhängigkeit von diesen Größen den Beginn V2B und das dritte Kennfeld KF3 gibt in Abhängigkeit von den genannten Größen das Ende V2E des zweiten Ventilschließabschnitts V2 an. Mit dem Beginn V2B und dem Ende V2E des zweiten

Ventilschließabschnitts sind immer Kurbelwinkelstellungen bezüglich der Auslaufposition AP gemeint. Dem zweiten und dem dritten Kennfeld KF2 und KF3 werden ebenfalls die Ausgangssignale der Schwellwertentscheidung SE zu-

geführt. Entspricht nämlich der erste Meßwert M1 der Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle zum Zeitpunkt des ersten oberen Totpunktes nach Abschalten der Zündung der minimalen kinetischen Energie  $E_{min}$ , so unterdrücken die beiden Kennfelder KF2 und KF3 den zweiten Ventilschließabschnitt, so daß die Ventile der Zylinder 2 und 3 geöffnet bleiben. Im anderen Extremfall, wenn der erste Meßwert M1 dem oberen Extremwert  $E_{max}$  der kinetischen Energie entspricht, gibt das zweite Kennfeld KF2 als Beginn V2B für den zweiten Ventilschließabschnitt V2, wie in der Fig. 1b dargestellt, die Kurbelwinkelstellung von  $-90^\circ$  vor der Auslaufposition AP an. Das dritte Kennfeld KF3 gibt in diesem Fall, gemäß der Darstellung in Fig. 1b, als Ende V2E für den zweiten Ventilschließabschnitt V2 eine Kurbelwellenstellung in unmittelbarer Nähe vor der Auslaufposition AP an.

Es gibt eine Reihe von Störinflüssen, wie z. B. ein mit der Temperatur und Verschmutzung varierender Reibwerte sowie Alterungseinflüsse, welche ein exaktes Erreichen der Auslaufposition AP verhindern. Um dem entgegenzuwirken, ist es zweckmäßig, die Ausgangsgrößen der Kennfelder KF1, KF2 und KF3 mit Korrekturgrößen K1, K2 und K3 zu beaufschlagen. Deshalb sind, wie in der Fig. 2 dargestellt, Verknüpfungspunkte VP1, VP2 und VP3 vorgesehen, in welchen die Ausgangssignale der Kennfelder KF1, KF2 und KF3 mit den aus Kennlinien KL1, KL2 und KL3 ausgelesenen Korrekturgrößen K1, K2 und K3 multiplikativ oder additiv verknüpft werden. Die Kennlinien KL1, KL2 und KL3 liefern von der Motortemperatur  $T_{mot}$  abhängige Korrekturwerte K1 (für das Ende V1E des ersten Ventilschließabschnitts V1), K2 (für den Beginn V2B des zweiten Ventilschließabschnitts V2) und K3 (für das Ende V2E des zweiten Ventilschließabschnitts V2). Die Kennlinien KL1, KL2 und KL3 könnten auch noch neben der Motortemperatur  $T_{mot}$  die Laufzeit des Motors bei der Bildung der Korrekturgrößen K1, K2 und K3 berücksichtigen.

Vorangehend wurde die Auslaufsteuerung am Beispiel einer Brennkraftmaschine mit vier Zylindern beschrieben. Das Verfahren läßt sich aber auch auf Brennkraftmaschinen mit einer anderen Zylinderzahl übertragen, wobei eine andere Zylindereinteilung für ein, zwei oder mehrere Ventilschließabschnitte erforderlich wird. Während beim vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispiel davon ausgegangen wird, daß der erste Ventilschließabschnitt V1 einen festliegenden Beginn, nämlich ein Kurbelwellenwinkel KW von  $-270^\circ$  vor der Auslaufposition AP, besitzt, kann auch dieser Beginn der ersten Ventilschließabschnitts V1 in Abhängigkeit von den Meßwerten M1 und M2 aus einem gesonderten Kennfeld herausgelesen werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Auslaufsteuerung einer Brennkraftmaschine, wobei der Kolben in mindestens einem Zylinder der Maschine in eine gezielte Position gebracht wird, die einer deutlich nach dem oberen Totpunkt liegenden Winkelstellung der Kurbelwelle entspricht, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gasauslaßventile von einem oder mehreren Zylindern der Brennkraftmaschine nach Abschalten der Zündung für einen oder mehrere Zeitschnitte (V1, V2) geschlossen werden, wobei der Beginn (V2B) und das Ende (V1E, V2E) eines jeden Ventilschließabschnitts (V1, V2) so gesteuert werden, daß die Kurbelwelle in der gewünschten Aus-

laufposition (AP) stehenbleibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- daß nach Abschalten der Zündung nach einer vorgegebenen Anzahl von Kurbelwellenumdrehungen die Drehgeschwindigkeit (M1) der Kurbelwelle beim Durchlaufen des oberen Totpunktes (OT) gemessen wird,
- daß im darauffolgenden unteren Totpunkt (UT) die Gasaustauschventile des mindestens einen Zylinders für einen ersten Ventilschließabschnitt (V1) geschlossen werden,
- daß die Drehgeschwindigkeit (M2) der Kurbelwelle beim Durchlaufen einer vorgegebenen Winkelstellung nach dem unteren Totpunkt (UT) erneut gemessen wird,
- daß in Abhängigkeit von den beiden Meßwerten (M1, M2) der Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle das Ende (V1E) des ersten Ventilschließabschnitts (V1) bestimmt wird und
- daß im Fall einer beim oberen Totpunkt (OT) gemessenen, einen Minimalwert ( $E_{min}$ ) der kinetischen Energie übersteigenden Drehgeschwindigkeit (M1) der Kurbelwelle die Gasaustauschventile mindestens eines weiteren Zylinders für einen zweiten Ventilschließabschnitt (V2) geschlossen werden, wobei der Schließzeitpunkt (V2E) und der Öffnungszeitpunkt (V2B) dieser Gasaustauschventile in Abhängigkeit der beiden Meßwerte (M1, M2) der Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle bestimmt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit von der Differenz der beiden Meßwerte (M1, M2) der Drehgeschwindigkeit und von der nach dem unteren Totpunkt (UT) gemessenen Drehgeschwindigkeit (M2) der Kurbelwelle aus einem ersten Kennfeld (KF1) das Ende (V1E) des ersten Ventilschließabschnitts (V1), aus einem zweiten Kennfeld (KF2) der Beginn (V2B) des zweiten Ventilschließabschnitts (V2) und aus einem dritten Kennfeld (KF3) das Ende (V2E) des zweiten Ventilschließabschnitts (V2) herausgelesen werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Ventilschließabschnitt (V1) bei einer Winkelstellung der Kurbelwelle von  $180^\circ$  vor der vorgegebenen Auslaufposition (AP) beendet wird, wenn die beim oberen Totpunkt (OT) gemessene Drehgeschwindigkeit (M1) einem Minimalwert ( $E_{min}$ ) der kinetischen Energie entspricht, und daß der erste Ventilschließabschnitt (V1) bei einer Winkelstellung der Kurbelwelle von  $90^\circ$  vor der vorgegebenen Auslaufposition (AP) beendet wird, wenn die beim oberen Totpunkt (OT) gemessene Drehgeschwindigkeit (M1) einem Maximalwert ( $E_{max}$ ) der kinetischen Energie entspricht.

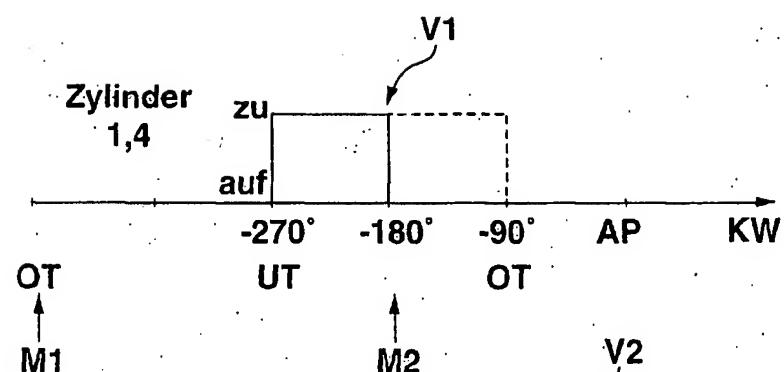
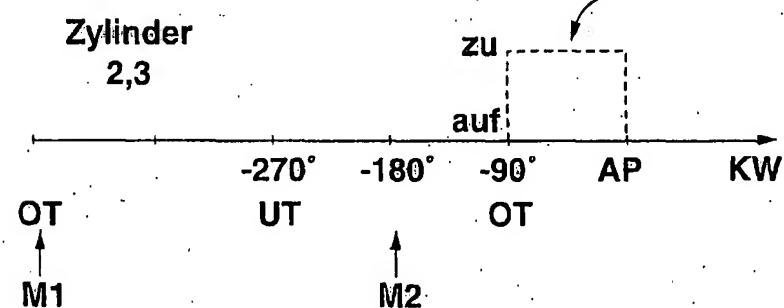
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Ventilschließabschnitt (V2) bei einer Winkelstellung der Kurbelwelle von  $90^\circ$  vor der vorgegebenen Auslaufposition (AP) begonnen und bei einer Winkelposition, die in der Nähe der Auslaufposition (AP) liegt, beendet wird, wenn die beim oberen Totpunkt (OT) gemessene Drehgeschwindigkeit (M1) der Kurbelwelle einem Maximalwert ( $E_{max}$ ) der kinetischen Energie entspricht.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die von den Kennfeldern (KF1, KF2, KF3) ausgegebenen Anfangs- und Endzeitpunkte (V1E, V2B, V2E) für die Ventilschließabschnitte (V1, V2) mit

Korrekturwerten (K1, K2, K3) beaufschlagt werden, die aus von der Motortemperatur ( $T_{mot}$ ) abhängigen Kennlinien (KL1, KL2, KL3) entnommen werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**

**Fig. 1a****Fig. 1b****Fig. 2**